

2003 P 08307

1

## Beschreibung

## VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG DES UBERGANGS EINES DIREKTEINSPRITZENDEN OTTOMOTORS

5

Die Erfindung geht von einem Verfahren beziehungsweise von einer Vorrichtung nach den nebengeordneten Ansprüchen 1 und 9 aus, mit der der Übergang von einer ersten Betriebsart eines mit Kraftstoff-Direkteinspritzung betriebenen Ottomotors auf eine zweite Betriebsart steuerbar ist, beispielsweise zwischen einem homogen stöchiometrisch und homogen mageren, geschichteten oder HCCI-Betrieb (Homogeneous Charged Compression Ignition), Umschaltungen des Ventilhubes oder der Ventilphase.

Es ist bereits bekannt, dass beim Umschalten zwischen zwei Betriebsarten in der Regel ein Drehmomentensprung auftritt, der je nach Betriebsart unzulässig groß sein kann. Die Ursache für diesen Drehmomentensprung wird darin gesehen, dass bei den verschiedenen Betriebsarten unterschiedlich hohe Luftmassen in den Zylindern des Ottomotors angesaugt werden, durch die entsprechend hohe Drehmomente generiert werden. Der Drehmomentensprung kann zu einer Laufunruhe des Ottomotors führen, die sich im Fahrbetrieb in unerwünschter Weise, zum Beispiel als Ruckeln bemerkbar macht.

Bei kleineren Luftmassensprüngen gelang es bisher, diese durch Verstellung des Zündwinkels zu kompensieren. Dabei wurde der Zündwinkel so weit nach spät verstellt, dass noch eine sichere Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches gewährleistet wird. Die späte Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches bewirkt jedoch ein reduziertes Drehmoment. Bei einem großen Luftmassensprung konnte der Fall auftreten, dass die Zündwinkelverstellung allein nicht mehr zur Kompensation des Drehmomentensprungs ausreicht. Um zu vermeiden, dass es in diesem Fall zu dem unerwünschten Ruckeln des Fahrzeugs kommt, wurde

2003 F 08307

2

in der Regel der Umschaltvorgang in die zweite Betriebsart unterbunden oder der Motor wurde so ausgelegt, dass kein hoher Luftmassensprung auftreten konnte. Dieses musste mit einem entsprechend höheren Kraftstoffverbrauch erkauft werden.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren beziehungsweise eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit der eine deutlich größere Reduzierung des Drehmomentensprungs erzielt werden kann. Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 gelöst.

10

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren beziehungsweise bei der Vorrichtung zur Steuerung des Übergangs zwischen zwei Betriebsarten mit den kennzeichnenden Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 ergibt sich der Vorteil, dass auch ein großer Drehmomentensprung noch erfolgreich reduziert werden kann, ohne die Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches zu gefährden. Das wird durch eine Mehrfacheinspritzung erreicht, wobei wenigstens eine Teilmenge des einzuspritzenden Kraftstoffs während der Kompressionsphase in den oder die Zylinder des Ottomotors eingespritzt wird. Durch die Einspritzung während der Kompressionsphase ergeben sich drei wesentliche Effekte, die eine Reduzierung des Drehmoments unterstützen: Durch die geringere Innenkühlung im Zylinder verringert sich die angesaugte Luftmasse, weil ein Teil der eingespritzten Kraftstoffmenge zu dem Zeitpunkt eingespritzt wird, wenn die Ventile des Zylinders bereits geschlossen ist (Kompressionsphase). Des weiteren ist vorteilhaft, dass sich der Wirkungsgrad der Verbrennung verschlechtert, da bei der späten Einspritzung der eingespritzte Kraftstoff weniger stark verwirbelt wird. Schließlich hat sich durch Messungen in vorteilhafter Weise auch gezeigt, dass sich die Laufruhe des Ottomotors nicht ändert, wenn bei Einspritzung in der Kompressionsphase der Zündwinkel noch weiter in Richtung spät verstellt wird. Durch die Verstellung des Zündwinkels auf spät kann eine weitere Reduzierung des Drehmomentes erreicht werden. Als besonders vorteilhaft wird angesehen, dass durch die Erfin-

35

2003 P 08307

3

derung eine deutlich größere Reduzierung des Drehmomentensprungs erreicht werden, ohne die Laufruhe des Ottomotors zu beeinträchtigen.

- 5 Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in den nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 angegebenen Verfahrens beziehungsweise der Vorrichtung gegeben. Als besonders vorteilhaft wird eine alternative Lösung angesehen, während der
- 10 Umschaltphase die einzuspritzende Kraftstoffmenge vollständig in der Kompressionsphase einzuspritzen. Dadurch liefert der Kraftstoff keinen Beitrag zur Kühlung der im Zylinder befindlichen Luftmasse, so dass während der Umschaltphase die Luftmasse relativ klein ist und daher ein relativ kleines Drehmoment erzeugt wird.
- 15

- Während der Kompressionsphase sind die Ventile des Zylinders geschlossen, so dass der im Zylinder eingespritzte Kraftstoff nicht so stark verwirbelt werden kann, als wenn das Einspritzventil geöffnet wäre. Zur weiteren Reduktion des Drehmomentes ist es daher in vielen Fällen ausreichend, nur eine
- 20 Teilmenge des Kraftstoffs einzuspritzen.

- Eine weitere Reduktion des Drehmomentes wird erreicht, wenn während der Umschaltphase der Zündwinkel kontinuierlich auf spät verstellt wird. Denn je später das Kraftstoff-Luftgemisch gezündet wird, um so geringer wird das entstehende Drehmoment.
- 25

- Eine günstige Lösung wird auch darin gesehen, dass nach der Umschaltung der normale Betrieb der Standardeinspritzung für die jeweilige Betriebsart wieder aufgenommen wird, sobald der Drehmomentenausgleich abgeschlossen ist. Wurde beispielsweise auf den Betrieb mit kleinem Ventilhub umgeschaltet, dann kann
- 30 nun die Steuerung der Luftmasse, der Kraftstoffmenge und des Zündwinkels auf die für diese Betriebsart spezifischen Werte eingestellt werden. Es ergibt sich kein negativer Einfluss
- 35

2003 F 08307

4

auf die Laufruhe des Ottomotors, so dass dieser Umschaltvorgang auch von den Insassen des Fahrzeugs nicht wahrgenommen werden kann.

- 5 Eine bevorzugte günstige Anwendung ergibt sich, wenn bei einer diskreten Umschaltung des Ventilhubes die Ventilhubdifferenz vergrößert werden kann. Der unterschiedliche Ventilhub bewirkt einen unterschiedlich hohen Füllgrad der Zylinder und somit auch entsprechend unterschiedlich hohe Drehmomente. Da  
10 ein hoher Füllgrad zwangsläufig auch mit einem erhöhten Kraftstoffverbrauch verbunden ist, kann insbesondere im Teillastbereich, wenn nicht die maximale Leistung des Motors benötigt wird, auf einen niedrigen Ventilhub mit entsprechend geringerem Kraftstoffverbrauch umgeschaltet werden.
- 15 Vorteilhaft ist weiter, für die Umschaltung auf den Betrieb mit dem kleinen Ventilhub zunächst die Drosselklappe zu öffnen, den Zündwinkel auf einen zulässigen minimalen Wert zurückzunehmen und falls erforderlich, die Mehrfacheinspritzung  
20 in der Kompressionsphase zu aktivieren. Dadurch lässt sich am Sichersten ein Drehmomentensprung kompensieren.

War die Umschaltung erfolgreich, dann kann die Einspritzung auf Standardwerte umgestellt werden.

- 25 Bei der Vorrichtung zur Steuerung des Übergangs zwischen zwei Betriebsarten wird als besonders günstig angesehen, dass für die Steuerung der Umschaltung ein Programm verwendet wird, das mit Hilfe eines Algorithmus wenigstens eine Stelleinrichtung des Ottomotors in der Weise steuerbar ist, dass die  
30 Kraftstoff-Einspritzung in der Kompressionsphase erfolgt. Insbesondere können mit dem Programm Stelleinrichtungen für die Drosselklappe, die Zündwinkelverstellung und/oder die Kraftstoffeinspritzung gesteuert werden.

35

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

- 5    Figur 1    zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Diagramm, bei dem vom Betrieb mit großem Ventilhub auf einen Betrieb mit kleinem Ventilhub umgeschaltet wird.
- 10   Figur 2    zeigt ein zweites Diagramm der Erfindung, bei dem von einem Betrieb mit kleinem Ventilhub auf einen Betrieb mit großem Ventilhub umgeschaltet wird,
- 15   Figur 3    zeigt in schematischer Darstellung ein Blockschaltbild und
- Figur 4    zeigt ein Flussdiagramm für die Steuerung der Betriebsarten.
- 20   Bei dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird an Hand eines Diagramms die Funktionsweise für die Umschaltung zwischen zwei Betriebsarten näher erläutert. Beispielshaft wird angenommen, bei einem mit Kraftstoff-Direkteinspritzung betriebenen Ottomotor soll von einem Betrieb mit einem großen Ventilhub auf einen Betrieb mit einem kleinem Ventilhub für die Ein- und/oder Auslassventile umgeschaltet werden. Durch diese Umschaltung ist zwar das erzeugte Drehmoment kleiner, andererseits ist diese Betriebsart Kraftstoff sparender, so dass bei bestimmten Betriebsbedingungen, wenn beispielsweise bei Teillast dem Motor kein maximales Drehmoment abverlangt werden muss, ein kraftstoffsparender Betrieb mit kleinem Ventilhub vorteilhaft erscheint.
- 25   Durch die Umschaltung in den Betrieb mit dem kleinem Ventilhub kann nicht mehr so viel Luft in die Zylinder des Ottomotors einströmen, wie zuvor bei dem Betrieb mit großem Ventilhub, so dass dadurch das Drehmoment reduziert wird. Für die Umschaltung des Ventilhubes sind verschiedene Verfahren be-
- 30
- 35

2003 F 08307

6

kannt, so dass diese Verfahren nicht näher erläutert werden müssen. Beispielsweise kann die Umschaltung mechanisch durch axiales Verschieben der Nockenwellen erfolgen. Die Nockenwellen sind in diesem Fall mit unterschiedlich hohen Nocken ausgebildet, durch die die Ventilstößel betätigt werden. Alternativ können die Tassen der Stößel hydraulisch angehoben werden und somit den Ventilhub beeinflussen.

Die Umschaltung erfolgt automatisch und soll für den Fahrer oder die Fahrzeuginsassen nicht spürbar sein, um den Fahrkomfort nicht zu beeinträchtigen. Wird jedoch zu einem späteren Zeitpunkt das volle Drehmoment des Motors benötigt, dann wird wieder automatisch in den Betrieb mit großem Ventilhub zurückgeschaltet.

In dem Diagramm von Figur 1 ist auf der x-Achse eine Zeit t aufgetragen. Auf der y-Achse sind die jeweiligen Amplituden der drei unterschiedlichen Kurven eingetragen. Die durchgezogene Kurve soll einen vorgegebenen Luftmassensollwert LS repräsentieren, der für die beiden Betriebsarten großer Ventilhub beziehungsweise kleiner Ventilhub erforderlich ist. Dieser Luftmassensollwert LS kann mit der Drosselklappe des Ottomotors eingestellt werden. Die gepunktete Kurve LA gibt den aktuellen Wert für Luftmasse wieder, die sich entsprechend den Voreinstellungen in dem entsprechenden Zylinder des Ottomotors einstellt. Die gestrichelt dargestellte Kurve entspricht dem Zündwinkel ZW, der von einer entsprechenden Steuereinrichtung vorgegeben wird.

Im linken Teil des Diagramms von Figur 1 befindet sich der Motor noch im Betrieb mit großem Ventilhub. Die Drosselklappe ist relativ weit geschlossen, der Luftmassensollwert LS befindet sich daher auf einem unteren Niveau (linkes unteres Segment der Kurve LS). Ab dem senkrechten Anstieg von Kurve LS beginnt zum Zeitpunkt t1 die Umschaltphase zum kleinen Ventilhub, der im rechten Teil des Diagramms abgeschlossen ist. Zum Umschalten in den kleinen Ventilhub muss zunächst

2003 P 08307

7

- der Luftmassensollwert LS angehoben werden (senkrechter Anstieg der Kurve LS), um das Drehmoment beim Umschalten konstant halten zu können. Dazu wird zum Zeitpunkt  $t_1$  die Drosselklappe geöffnet, so dass die aktuelle Luftmasse in dem Zylinder des Motors entsprechend der Kurve LA ansteigt. Erreicht die Kurve LA den Luftmassensollwert LS, dann kann in den Betrieb mit kleinem Ventilhub umgeschaltet werden. Dieser späteste Umschaltzeitpunkt ist als  $t_U$  gekennzeichnet.
- 10 Mit dem Umschalten der Drosselklappe wird vorzugsweise gleichzeitig entsprechend der Kurve ZW der Zündwinkel von früh auf spät zu einem minimalen Wert zurückgenommen, der zum Zeitpunkt  $t_Z$  erreicht wird. Das im Zylinder befindliche Kraftstoff-Luftgemisch ist bei diesem Zündwinkel ZW noch
- 15 brennbar.

- Erfindungsgemäß ist vorgesehen, eine Mehrfacheinspritzung durchzuführen. Zum Zeitpunkt  $t_Z$  wird bei dem minimalen Zündwinkel die Mehrfacheinspritzung gestartet. Dadurch verschlechtert sich die Ansaugung der Luftzufuhr, was zu einer Erhöhung des Zündwinkels (in Richtung früh) führt. Anschließend kann der Zündwinkel bis zu einem für die Mehrfacheinspritzung noch niedrigeren Wert in Richtung spät zurückgenommen werden, so dass die Kurve ZW wieder abfällt. Spätestens
- 20 bei dem minimalen Zündwinkel zum Zeitpunkt  $t_U$  muss tatsächlich in den Betrieb mit kleinem Ventilhub umgeschaltet werden. Nach der Umschaltung in den Betrieb mit kleinem Ventilhub ist die Luftmasse in den Zylindern groß genug, um keinen Drehmomentensprung auszulösen. Für diese Betriebsart gelten
- 30 nun die Standardwerte für die Zündung, Luftmasse und Einspritzung.

- Die Mehrfacheinspritzung wird vorzugsweise in der Kompressionsphase K durchgeführt, wenn die Einlass- und Auslassventile des Zylinders geschlossen sind. Die Einspritzung in der Kompressionsphase K verläuft zwischen den beiden Zeitmarken  $t_Z$
- 35

2003 P 08307

8

und  $t_U$ . Die gesamte Umschaltphase  $U$  zwischen den beiden Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_U$  ist durch den Pfeil  $U$  gekennzeichnet.

- Es ist vorgesehen, in der Kompressionsphase, wenn die Ventile geschlossen sind, die einzuspritzende Kraftstoffmenge als Teilmenge zu dosieren. Alternativ kann auch die gesamte Kraftstoffmenge in der Kompressionsphase eingespritzt werden.

- Das Diagramm der Figur 2 zeigt den Fall, wenn vom Betrieb mit kleinem Ventilhub in den Betrieb mit großem Ventilhub umgeschaltet wird. Die Umschaltung verläuft in umgekehrter Weise, wie sie zuvor zu Figur 1 erläutert wurde. Im linken Teil von Figur 2 befindet sich der Motor in der Betriebsart kleiner Ventilhub, d.h. die Drosselklappe ist relativ weit geöffnet, so dass die Kurve  $LS$  für den Luftmassensollwert eine große Amplitude aufweist. Die Zündung ist auf früh geschaltet. Zum Zeitpunkt  $t_U$  findet die Umschaltung des Ventilhubs statt und es wird zunächst die Einspritzung in der Weise geändert, dass wenigstens ein Teil der einzuspritzenden Kraftstoffmenge in der Kompressionsphase  $K$  abgesetzt wird. Gleichzeitig wird begonnen, die Drosselklappe zu schließen, d.h. es wird ein kleinerer Luftmassensollwert entsprechend der Kurve  $LS$  vorgegeben. Der aktuelle Luftmassenwert (Kurve  $LA$ ) passt sich über die Zeit  $t$  dem vorgegebenen geringeren Luftmassensollwert  $LS$  an. Entsprechend der Kurve  $ZW$  wird der Zündwinkel zum Zeitpunkt  $t_U$  auf Grund der Ventilhubumschaltung in Richtung spät verstellt. Anschließend wird der Zündwinkel entsprechend der sinkenden Luftmasse wieder auf früh gestellt. Dabei kann zum Zeitpunkt  $t_Z$  der Zündwinkel wieder zurückgenommen werden, um ihn bei der Standardeinspritzung wieder anzuheben. Zum Zeitpunkt  $t_2$  ist der Zündwinkel auf seinem Basiswert und die Umschaltung ist damit beendet. Der Pfeil  $K$  zeigt die Kompressionsphase an. Die weitere Steuerung von Einspritzung, Luftmasse und Zündwinkel erfolgt nach der Umschaltung wieder mit dem entsprechenden Standardprogramm.



In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, die Umschaltung zwischen zwei anderen Betriebsarten, beispielsweise homogen stöchiometrisch, homogen mager, geschichtet oder HCCI-Betrieb in entsprechender Weise durchzuführen. Auch  
5 können auf diese Weise verschiedene Ventilphasen gesteuert werden.

Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung eine Vorrichtung (Steuervorrichtung) 10 zur Steuerung der Übergangs zwischen  
10 zwei Betriebsarten, zum Beispiel zwischen dem Betrieb mit einem großem Ventilhub und dem Betrieb mit einem kleinem Ventilhub. Die Vorrichtung 10 ist vorzugsweise als Teil eines Motorsteuersystems ausgebildet, das mit Hilfe eines Software-  
programms (Programm mit Programmspeicher 12) die Motorfunktionen beim Übergang zwischen den beiden Betriebsarten steuert.  
15 Dieses Programm wird jedes Mal bei einer Umschaltung in die andere Betriebsart abgearbeitet. Des weiteren weist die Vorrichtung 10 einen Speicher 13 auf, in dem ein Algorithmus für die Umschaltung der beiden Betriebsarten sowie weitere Daten  
20 wie vorgegebene Betriebseinstellungen, Grenzwerte usw. vorzugsweise in tabellarischer Form gespeichert sind. Die Vorrichtung 10 ist vorzugsweise über ein Bussystem 20 mit einem Stellglied für die Drosselklappe 14 des Ottomotors 16 verbunden. Des weiteren ist an das Bussystem 20 eine Vorrichtung  
25 zur Drehwinkelerfassung 15 angeschlossen. Somit kann mit Hilfe des Stellgliedes 14 die Frischluftmenge (Frischluftmasse) für die einzelnen Zylinder des Ottomotors 16 und mit der Vorrichtung für die Drehwinkelerfassung 15 der Zündwinkel gesteuert werden. Des weiteren ist ein Drehzahlsensor 17 vorgesehen, der an eine Einheit 18 der Vorrichtung 10 Signale liefert, aus denen die aktuelle Motordrehzahl berechnet wird.  
30 Aus den erfassten Daten kann zum Beispiel mit Hilfe eines Drehmomentenmodells für jeden Betriebszustand das entsprechende Drehmoment des Ottomotors 16 ermittelt werden. Daraus  
35 ergibt sich dann ein Steuersignal für eine Stellvorrichtung 19, mit der die Hubumschaltung der Ventile steuerbar ist.

- Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm, wie die Umschaltphase der beiden Betriebsarten mit Hilfe des Softwareprogramms, das in dem Programmspeicher 12 der Steuervorrichtung 10 installiert ist, ablaufen kann. Das Programm zeigt beispielhaft die Umschaltung von dem Betrieb mit einem großen Ventilhub auf den Betrieb mit einem kleinen Ventilhub, wie er zuvor zu Figur 1 erläutert wurde. Die Rückschaltung oder eine Umschaltung zwischen zwei anderen Betriebsarten erfolgt in analoger Weise.
- 10 Gemäß Figur 4 startet das Programm in Position 1 die Betriebsartenumschaltung, nachdem die Vorrichtung 11 ein Signal zum Einleiten der Umschaltphase ermittelt oder erhalten hat. Daraufhin wird zunächst die Drosselklappe geöffnet und der Zündwinkel iterativ zurückgenommen und in Position 3 wird geprüft, ob der aktuelle Zündwinkel einen vorgegebenen minimalen ersten Grenzwert unterschreitet. Ist das nicht der Fall (bei n), dann springt das Programm auf Position 2 zurück und der Zündwinkel wird weiter zurückgenommen.
- 20 Ist bei j schließlich der aktuelle Zündwinkel kleiner als der vorgegebene erste Grenzwert, dann wird in Position 4 die Umschaltung der Kraftstoffeinspritzung in der Kompressionsphase des Ottomotors 16 eingeleitet. Die Einspritzung kann als Einzel- oder alternativ als Mehrfacheinspritzung ausgeführt sein. Entscheidend ist jedoch, dass durch die Einspritzung während der Kompressionsphase des Ottomotors das erzeugte Drehmoment weiter abfällt, als wenn nur der Zündwinkel verstellt worden wäre. Dadurch kann eine Anpassung der Drehmomente vor und nach der Umschaltung leichter durchgeführt werden und somit ein Drehmomentensprung mit einer höheren Zuverlässigkeit vermieden werden.
- 30 In Position 6 wird abgefragt, ob die Einstellung des Drehmomentes ausreicht, um mit der Standardeinspritzung fortzufahren. Ist das nicht der Fall, dann springt bei n das Programm auf Position 5 zurück. Die Zündung wird weiter zurückgenommen

2003 P 08307

11

und in Position 6 wird wieder geprüft, ob jetzt mit der Standardeinspritzung fortgefahren werden kann.

- 5 Ist das der Fall (bei j), dann wird in Position 7 auf die Standardeinspritzung umgeschaltet, die für die aktuelle Betriebsart vorgesehen ist.

- 10 In Position 8 wird geprüft, ob die Betriebsumschaltung erfolgreich abgeschlossen wurde. Ist das nicht der Fall (bei n), dann springt das Programm zum Programmstart auf Position 2 zurück und das Programm startet erneut, wie oben beschrieben wurde.

- 15 Bei positivem Abschluss der Betriebsartenumschaltung (bei j) endet das Programm in Position 9.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Übergangs von einer ersten Betriebsart eines mit Kraftstoff-Direkteinspritzung betriebenen Ottomotors (16) auf eine zweite Betriebsart, beispielsweise zwischen einem homogen stöchiometrisch und homogen mageren, geschichteten oder HCC-Betrieb, Umschaltungen des Ventilhubes oder der Ventilphase, wobei vor und nach der Umschaltung das Drehmoment ermittelt wird und ein unzulässiger Drehmomentensprung teilweise durch eine Zündwinkelverstellung kompensiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur weiteren Kompensation des unzulässigen Drehmomentensprungs eine Mehrfacheinspritzung von Kraftstoff erfolgt, wobei wenigstens eine Teilmenge des einzuspritzenden Kraftstoffs während der Kompressionsphase eingespritzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der Umschaltphase die einzuspritzende Kraftstoffmenge vollständig in der Kompressionsphase eingespritzt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmenge des einzuspritzenden Kraftstoffs in der Phase abgesetzt wird, wenn wenigstens ein Einlassventil geschlossen ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zündwinkel kontinuierlich auf spät verstellt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Umschaltung eine Rückschaltung in den normalen Betrieb erfolgt, wenn der Drehmomentenausgleich erfolgreich abgeschlossen wurde.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer diskreten Ventilhubumschaltung ein vergrößerter Ventilhub vorgebar ist.
- 5
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Umschaltung in den kleinen Ventilhub zunächst die Drosselklappe geöffnet wird, bevor zum kleinen Ventilhub umgeschaltet wird, dass
- 10 der Zündwinkel auf einen zulässigen minimalen Wert zurückgenommen wird und dass die Mehrfacheinspritzung in der Kompressionsphase aktiviert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Umschaltung in den Betrieb mit kleinem Ventilhub oder großem Ventilhub auf die entsprechende Standardeinspritzung umgestellt wird.
- 15
9. Vorrichtung zur Steuerung des Übergangs zwischen zwei Betriebsarten nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Steuereinheit (11), mit einem Speicher (12) und mit einem Programm, das zur Umschaltung von der ersten Betriebsart in die zweite Betriebsart ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Programm einen Algorithmus aufweist, mit dem zur Kompensation eines Drehmomentensprungs vor und nach der Umschaltung zunächst die Luftmasse, dann der Zündwinkel verstellbar sind und dass
- 20 bei Erreichen eines minimalen Wertes für den Zündwinkel der Kraftstoff in Form einer Teilmenge einer Mehrfacheinspritzung während der Kompressionsphase in den Zylinder einspritzbar ist.
- 25
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff mit einer Einspritzung vollständig in der Kompressionsphase absetzbar ist.
- 30
- 35

1/3

FIG 1

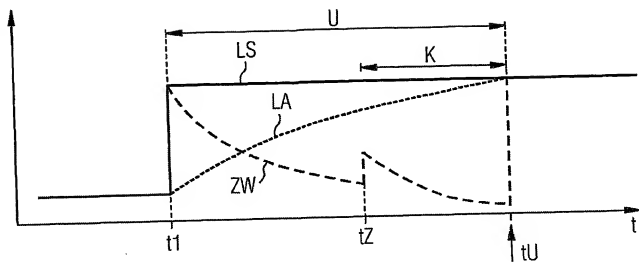
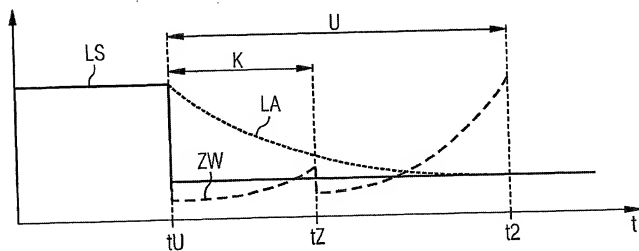
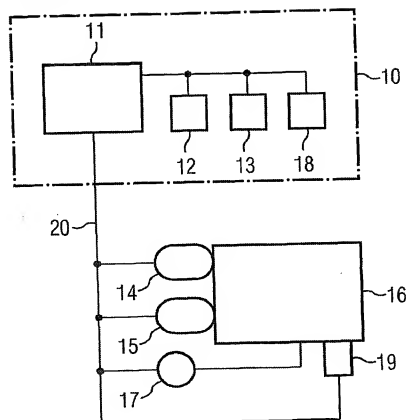


FIG 2



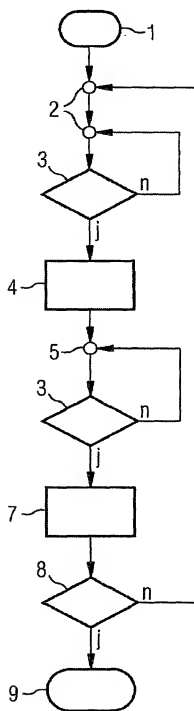
2/3

FIG 3



3/3

FIG 4





## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/30 F02D41/40 F02D37/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 889 218 A (NISSAN MOTOR) 7 January 1999 (1999-01-07) page 2, lines 28-35; figure 9 page 8, lines 17-46	1,3-5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31 January 1997 (1997-01-31) - & JP 08 240119 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 17 September 1996 (1996-09-17) abstract; figure 12 paragraphs '0005!', '0015!'	1
Y		6-8
Y	US 5 168 851 A (ITOYAMA HIROYUKI ET AL) 8 December 1992 (1992-12-08) abstract	6-8
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 January 2005

Date of mailing of the international search report

26/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2220 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/052253 A (BOSCH GMBH ROBERT ; WAGNER JENS (DE); WENZLER THOMAS (DE)) 26 June 2003 (2003-06-26) page 17, line 9 - page 19, line 10 figure 2	1,3-5,9, 10
X	EP 1 081 364 A (NISSAN MOTOR) 7 March 2001 (2001-03-07) paragraphs '0146! - '0157!; figures 10,13	1,3-5,9
P,X	WO 2004/055351 A (BOSCH GMBH ROBERT ; KUFFERATH ANDREAS (DE); WAGNER JENS (DE)) 1 July 2004 (2004-07-01) page 4, line 8 - page 6, line 18; claim 1	1,3-5,9
E	DE 103 34 401 B (SIEMENS AG) 25 November 2004 (2004-11-25) claims 1,2,4	1-5,9,10
A	DE 101 46 504 A (HONDA MOTOR CO LTD) 29 May 2002 (2002-05-29) abstract paragraphs '0007! - '0009!, '0038! - '0041! paragraphs '0051! - '0073!	1,9

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International Application No.  
PCT/EP2004/052023

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0889218	A	07-01-1999	JP 11022508 A JP 11022509 A EP 0889218 A2 US 6058905 A	26-01-1999 26-01-1999 07-01-1999 09-05-2000
JP 08240119	A	17-09-1996	NONE	
US 5168851	A	08-12-1992	JP 2636498 B2 JP 4203248 A	30-07-1997 23-07-1992
WO 03052253	A	26-06-2003	DE 10163022 A1 WO 03052253 A2 EP 1458966 A2 US 2004123834 A1	10-07-2003 26-06-2003 22-09-2004 01-07-2004
EP 1081364	A	07-03-2001	JP 2001073912 A JP 2001082211 A EP 1081364 A2 US 6510834 B1	21-03-2001 27-03-2001 07-03-2001 28-01-2003
WO 2004055351	A	01-07-2004	DE 10258507 A1 WO 2004055351 A1	01-07-2004 01-07-2004
DE 10334401	B	25-11-2004	DE 10334401 B3	25-11-2004
DE 10146504	A	29-05-2002	JP 2002098033 A DE 10146504 A1 US 2002033164 A1	05-04-2002 29-05-2002 21-03-2002

JUST AVAILABLE COPY

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/052023

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/30 F02D41/40 F02D37/02

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D F02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 889 218 A (NISSAN MOTOR) 7. Januar 1999 (1999-01-07) Seite 2, Zeilen 28-35; Abbildung 9 Seite 8, Zeilen 17-46	1,3-5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 01, 31. Januar 1997 (1997-01-31) - & JP 08 240119 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 17. September 1996 (1996-09-17)	1
Y	Zusammenfassung; Abbildung 12 Absätze '0005!', '0015!	6-8
Y	US 5 168 851 A (ITOYAMA HIROYUKI ET AL) 8. Dezember 1992 (1992-12-08) Zusammenfassung	6-8
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Röttger, K

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 03/052253 A (BOSCH GMBH ROBERT ; WAGNER JENS (DE); WENZLER THOMAS (DE)) 26. Juni 2003 (2003-06-26) Seite 17, Zeile 9 - Seite 19, Zeile 10 Abbildung 2	1,3-5,9, 10
X	EP 1 081 364 A (NISSAN MOTOR) 7. März 2001 (2001-03-07) Absätze '0146! - '0157!; Abbildungen 10,13	1,3-5,9
P,X	WO 2004/055351 A (BOSCH GMBH ROBERT ; KUFFERATH ANDREAS (DE); WAGNER JENS (DE)) 1. Juli 2004 (2004-07-01) Seite 4, Zeile 8 - Seite 6, Zeile 18; Anspruch 1	1,3-5,9
E	DE 103 34 401 B (SIEMENS AG) 25. November 2004 (2004-11-25) Ansprüche 1,2,4	1-5,9,10
A	DE 101 46 504 A (HONDA MOTOR CO LTD) 29. Mai 2002 (2002-05-29) Zusammenfassung Absätze '0007! - '0009!, '0038! - '0041! Absätze '0051! - '0073!	1,9

PCT/EP2004/052023

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aldenzelchen

PCT/EP2004/052023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0889218	A	07-01-1999	JP	11022508 A	26-01-1999
			JP	11022509 A	26-01-1999
			EP	0889218 A2	07-01-1999
			US	6058905 A	09-05-2000
JP 08240119	A	17-09-1996	KEINE		
US 5168851	A	08-12-1992	JP	2636498 B2	30-07-1997
			JP	4203248 A	23-07-1992
WO 03052253	A	26-06-2003	DE	10163022 A1	10-07-2003
			WO	03052253 A2	26-06-2003
			EP	1458966 A2	22-09-2004
			US	2004123834 A1	01-07-2004
EP 1081364	A	07-03-2001	JP	2001073912 A	21-03-2001
			JP	2001082211 A	27-03-2001
			EP	1081364 A2	07-03-2001
			US	6510834 B1	28-01-2003
WO 2004055351	A	01-07-2004	DE	10258507 A1	01-07-2004
			WO	2004055351 A1	01-07-2004
DE 10334401	B	25-11-2004	DE	10334401 B3	25-11-2004
DE 10146504	A	29-05-2002	JP	2002098033 A	05-04-2002
			DE	10146504 A1	29-05-2002
			US	2002033164 A1	21-03-2002